

Method and device for the surface treatment, in the horizontal operating position, of workpieces which are primarily in the form of boards

Patent Number: DE4322378

Publication date: 1995-01-12

Inventor(s): HENIG HANS (DE)

Applicant(s): HENIG HANS (DE)

Requested Patent: ☐ DE4322378

Application Number: DE19934322378 19930706


Priority Number(s): DE19934322378 19930706

IPC Classification: C25D5/02; C25D5/08; C25D5/20; C25D7/00; C23G1/00; C23C18/16; H05K3/46; H05K3/42

EC Classification: C25D5/04, C25D5/08, C25D5/20, H05K3/00P2

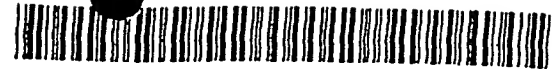
Equivalents:

Abstract

The invention relates to a method for the chemical or electrolytic surface treatment of workpieces, in the form of boards, in aqueous solutions, in particular of large-area multilayer printed circuit boards which are provided with contact holes and are intended for printed circuits; the invention also relates to devices for carrying out the method. The workpiece, which is situated in a horizontal operating position, executes a combined movement, which is constituted by two separate and mutually independent relative movements with respect to the surrounding treatment solution. The workpiece carries out a first sliding (gliding) movement, preferably continuously and in longitudinally extending tracks, in the transport direction in a horizontal plane, and executes a second movement simultaneously or intermittently at periodic intervals, which second movement comprises vibration oscillations pulsating intensely in rapid succession. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

A only



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 22 378 A 1

21 Aktenzeichen: P 43 22 378.8
22 Anmeldetag: 6. 7. 93
43 Offenlegungstag: 12. 1. 95

51 Int. Cl.⁶:
C 25 D 5/02
C 25 D 5/08
C 25 D 5/20
C 25 D 7/00
C 23 G 1/00
C 23 C 18/16
H 05 K 3/46
// H05K 3/42

DE 43 22 378 A 1

71 Anmelder:
H nig, Hans, 90455 Nürnberg, DE

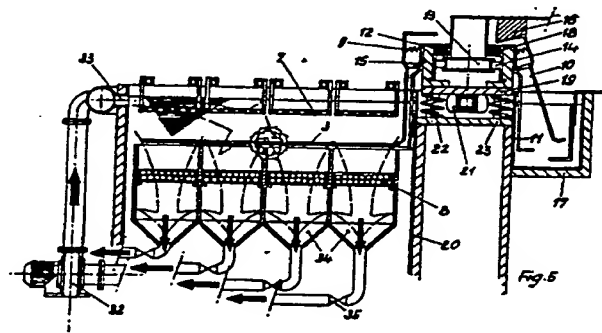
72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 Verfahren und Einrichtung zur Oberflächenbehandlung vornehmlich plattenförmiger Werkstücke in horizontaler Betriebslage

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur chemischen oder elektrolytischen Oberflächenbehandlung von plattenförmigen Werkstücken in wäßrigen Lösungen, insbesondere von großflächigen, mit Kontaktierungsbohrungen versehenen Mehrlagen-Leiterplatten für gedruckte Schaltungen sowie Einrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Das, in einer horizontalen Betriebslage befindliche Werkstück führt eine Kombinationsbewegung aus, welche sich resultierend aus zwei selbständigen und voneinander unabhängigen Relativbewegungen gegenüber der umgebenden Behandlungslösung zusammensetzt.

Das Werkstück führt eine erste gleitende Bewegung vorzugsweise kontinuierlich und in longitudinal verlaufenden Bahnen in Transportrichtung in einer horizontalen Ebene durch, und simultan oder in zeitperiodischen Intervallen intermittierend eine zweite Bewegung aus, welche aus einer in rascher Folge heftig pulsierender Vibrationsschwingungen besteht.



DE 43 22 378 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur chemischen oder elektrolytischen Oberflächenbehandlung von plattenförmigen Werkstücken in wäßrigen Lösungen, insbesondere von großflächigen mit Kontaktierungsbohrungen versehenen Mehrlagen-Leiterplatten für gedruckte Schaltungen sowie um Einrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

Die Herstellung von Mehrlagen-Leiterplatten setzt zunächst das Vorhandensein bereits gefertigter Leiterbahn-Konfigurationen als Innenlagen voraus, bevor das Lagenpaket zu einer mehrlagigen Leiterplatte verpreßt werden kann. Es ist notwendig, eine Vielzahl von Leitungsverbindungen zwischen den Innen- und Außenlagen sowie gegebenenfalls auch zwischen den Innenlagen selbst untereinander vorzusehen. Hierzu sind die Leiterbahnenden als kreisförmige oder rechteckige Ankontaktierungsflächen ausgebildet und in einem eng tolerierten Raster angeordnet.

Die Mehrlagen-Platten werden im Zentrum der besagten Ankontaktierungsflächen durchbohrt und die Lochwandungen anschließend verkupfert.

Diese, an der Lochwandung anliegende Kupferhülse bildet die Kontaktfläche zwischen zwei oder mehreren untereinander zugeordneten Ankontaktierungsflächen.

Beim Bohren treten jedoch an den, nur wenige μm starken Durchbrüchen durch die Ankontaktierungsflächen Verschmierungen aus dem Kunststoff aus, aus dem die Leiterplatte besteht (beispielsweise aus Epoxydharzen). Das ist darauf zurückzuführen, daß das Grundmaterial, etwa das Epoxydharz der Einzellagen, sich beim Bohren zufolge der Reibungswärme aufweicht und in dünnen Schichten sich an der Bohrungswandung anlegt.

Erreichen solche Verschmierungen einen Wert von ungefähr 50%, dann ist etwa die halbe, in der Lochwandung liegende Kreisringfläche einer Ankontaktierungsfläche mit elektrisch isolierendem Epoxydharz verschmiert; die Leitungsverbindung ist gefährdet.

Erreicht der Verschmierungsgrad auch bei nur einer einzigen Kontaktierungsbohrung etwa 80%, dann gilt die gesamte Leiterplatte bereits als Ausschuß.

Bei der Vielzahl von Kontaktierungsbohrungen für eine größere Mehrlagen-Leiterplatte und den sehr hohen Herstellungskosten ist es offensichtlich, daß diese, kaum zu prüfenden Verschmierungen zu erheblichen Verlusten durch Ausschuß führen können.

Fernerhin haben die Bohrlocheröffnungen in den Leiterplatten im allgemeinen sehr kleine Durchmesser und sind zahlreich vorhanden (beispielsweise 0,8 bis 1,2 mm bzw. etwa 60 Bohrungen je Quadratzentimeter Querschnitt).

Die Entwicklungstendenz bei der Herstellung von Leiterplatten strebt ständig zu feineren Leiterbahnen, engeren Leiterbahn-Abständen, kleineren durchkontaktierten Bohrlocheröffnungen und zu dickeren Mehrlagen-Leiterplatten hin. Als Beispiel möge eine Platte für gedruckte Schaltungen von 7,3 mm Dicke mit Lochbohrungen von 0,35 mm Durchmesser, also mit einem Bohrlochverhältnis von 21 : 1 angeführt werden.

Erfahrungsgemäß treten in den Durchkontaktierungsbohrungen mit Durchmessern von $\leq 0,3$ mm und Längen von $\geq 4,5$ mm in komplex aufgebauten Mehrlagen-Leiterplatten (also bei Streckenverhältnissen von 15 : 1 und größer) Strömungsbedingungen für die wäßrigen Behandlungslösungen auf, die unter grundlegend gewandelten Aspekten berücksichtigt werden müssen.

Es ist festgestellt worden, daß sich bei Durchmessern

im B reich von 0,3 mm und kleiner keine Strömungsgeschwindigkeiten der Flüssigkeiten erreichen lassen, die einen hinreichenden Stoffaustausch an den Wandungen der besagten Bohrungen sicherstellen können.

Die Strömungsverhältnisse nehmen immer mehr und mehr den Charakter einer Kapillare an.

Die in diesem Zusammenhang gemachten Beobachtungen gewinnen desto mehr an Bedeutung, je rauher die Bohrungswandungen sind und gelten insbesondere für die angewandten wäßrigen Behandlungslösungen (mit einer Viskosität höher als jene des Wassers).

Um den vorerwähnten ungünstigen Bedingungen zu begegnen hat man sich entschlossen, die Leiterplatten während ihres Behandlungsablaufes in einer horizontalen Betriebslage durch die Anlage hindurch zu führen. Um dabei eine Zwangsdurchflutung der Kontaktierungsbohrungen zu erwirken, wird ein Strom (Strahl) der Behandlungslösungen, als Schwall bezeichnet, unter Druck aus einem Düsensystem gegen die ebenen Oberflächen der Leiterplatten gerichtet.

Der kontinuierliche Transport der Leiterplatten von einer Behandlungsstation der sogenannten Horizontal-Durchlaufanlage zur nächsten erfolgt über Rollen oder durch verfahrbare Trägerklemmen, wobei die letzteren die einzelnen Platten am Rand einer oder an den Rändern ihrer beiden gegenüberliegenden Rechteckseiten zangenartig umfassen.

Den, in Betracht gezogenen Patentschriften gemäß versteht man unter der Bezeichnung "Schwall" einen kontinuierlich fließenden Strom (Strahl) der verschiedenen Behandlungslösungen, welcher aus sogenannten Schwalldüsen mit kinetischer Energie austritt und solcherart auf das zu behandelnde plattenförmige Werkstück (die Leiterplatte) aufprallt.

Dieses Verfahren steht definitionsgemäß im Gegensatz zu jenen, welche mittels Spritz- oder Sprühhvorrichtungen die Lösungen, stark mit Luft durchsetzt, gegen die zu behandelnden Werkstücke versprühen oder versprühen (Offenlegungsschrift DE 39 16 694 A1, Spalte 1).

Die Schwalldüse besteht aus einem länglichen geradlinigen Gehäuse, welches senkrecht zur Transportvorrichtung der horizontal durchlaufenden Leiterplatten sowie parallel zu diesen angeordnet ist und über einen Längsschlitz verfügt, aus welchem der austretende Schwallstrahl vertikal auf die ebene Oberfläche der plattenförmigen Werkstücke auftrifft. Die aus der Schwalldüse austretende Flüssigkeitsströmung übt einen Strahlendruck gegen die Fläche der Leiterplatten aus, indem die Düsendurchschnitt des Strahls in seinem Querschnitt erhalten und gleichmäßig verteilt bleibt.

Die Aufgabe des gegen die Oberfläche der Leiterplatte unter Druck gerichteten Schwallstrahls besteht darin, eine Zwangsdurchflutung (eine erzwungene Konvektion) durch die, in der Platte befindlichen Kontaktierungsbohrungen mit den verschiedenen Behandlungslösungen zu erwirken, d. h. eine möglichst intensive Relativbewegung zwischen den Wandungen der Bohrungen und den durch diese hindurchfließenden Lösungen zu erzeugen.

Die besagte Relativbewegung ist bekanntlich die primäre Voraussetzung für einen effektiven Stoffaustausch an der Phasengrenze Festkörper (Bohrungswandung)-Flüssigkeit (Behandlungslösung) und somit zur Erreichung der beabsichtigten elektrischen Leitendmachung (Verkupferung) der Bohrungswandungen.

Es sei, um den Vorgang des Aufpralls des Schwallstrahls auf die ebene Oberfläche einer Leiterplatte zu

veranschaulichen, auf ein konkretes Beispiel aus der betrieblichen Praxis zurückgegriffen.

Eine Leiterplatte habe im Mittel 64 Kontaktierungsbohrungen mit je 0,3 mm Durchmesser auf je einem Quadratzentimeter ihrer Oberfläche.

Der Flächeninhalt des Querschnitts einer solchen Bohrung beträgt 0,071 mm², die Summe der Flächeninhalte aller 64 Bohrungen ist demnach 4,544 mm².

Die mittlere spezifische offene Durchtrittsfläche der Leiterplatte ist also 4,544 mm²/cm² oder 4,544%. Der geschlossene Anteil der Plattenoberfläche hingegen beläuft sich auf 95,456 mm²/cm² oder 95,456%.

Der lange geradlinige Schwallstrahl prallt mit der ihm innewohnenden kinetischen Energie senkrecht auf die ebene horizontale Oberfläche der Leiterplatte auf.

Es ist offensichtlich, daß — durch die Geometrie des Systems bedingt — der aufprallende Strahl sich näherungsweise in zwei gleichgroße, in entgegengesetzte Richtungen auseinander strebenden Strömungskomponenten parallel zur Transportrichtung der Leiterplatte spaltet.

Die besagten Komponentenströme fließen auf und entlang der Plattenoberfläche.

Das Verhältnis (von 1 : 20) zwischen der spezifischen offenen Durchtrittsfläche und dem geschlossenen Anteil der Plattenoberfläche (4,544% bzw. 95,456%) gibt bereits einen hinreichenden Aufschluß über den, als verhältnismäßig gering zu bezeichnenden Anteil des Schwallstrahls am Flüssigkeitsvolumen, der durch die Kontaktierungsbohrungen als Zwangsdurchflutung strömen könnte.

Fernerhin, ein weiterer wesentlicher Nachteil des Schwallstrahlsystems bedarf einer kurzen Berücksichtigung. Der, unter erheblichem Druck erzeugte Strahl prallt mit entsprechender kinetischer Energie auf die ebene Oberfläche der Leiterplatte, wobei die Flüssigkeit aus seinem inneren Kernbereich zwangsweise auf und an der Plattenoberfläche fließend, auseinanderstrebt.

Es ist offensichtlich, daß die parallel zur Oberfläche fließende Behandlungslösung die Bildung von Strömungen durch Kontaktierungsbohrungen hindurch, also von Strömungen, deren Richtungen quer zur Bewegungsrichtung ihrer eigenen stehen, absperrend verhindert.

Der Schwallstrahl hat somit im Gegensatz zu dessen beabsichtigten Wirkung einen gegenteiligen, hemmenden Effekt im Hinblick auf das Zustandekommen sogenannter Zwangsdurchflutungen durch die besagten Bohrungen.

Wie zuvor beschrieben, erstreckt sich der lange geradlinige Austrittsschlitz der etwa 80 mm breiten Schwalldüse quer über die Leiterplatte hinweg, parallel zu deren Oberfläche und in ihrer nächsten Nähe.

Die Platte gleitet in einer horizontalen Betriebslage mit einer kontinuierlichen Geschwindigkeit von rund 1 m/min (= 16,7 mm/sec) unter- und/oder oberhalb der Schwalldüse hindurch, wobei ihre Transportrichtung senkrecht zur Düsenachse steht.

Jede einzelne Kontaktierungsbohrung durchläuft somit einen Weg von etwa 80 mm in 4,8 sec, währenddessen sie der Einwirkung des Schwallstrahls ausgesetzt ist.

Es kann der Hagen-Poiseuilleschen Gleichung entnommen werden, daß es beispielsweise für eine Leiterplatte von 5 mm Dicke mit Kontaktierungsbohrungen von 0,3 mm Durchmesser einer Zeit von 4,8 sec bei einem Druck von 2,5 mbar bedarf, um das Flüssigkeitsvolumen einer solchen Bohrung zu entfernen (und anschließend neu zu füllen).

Der Flüssigkeitsaustausch erfolgt demnach mit einer

Geschwindigkeit von 1,04 mm/sec.

Dieser numerische Wert kennzeichnet die relative Bewegung zwischen der Bohrungswandung und der, an dieser entlang fließenden Behandlungslösung und ist daher ausschlaggebend für den technischen Wirkungsgrad des Stoffaustausches an der besagten Grenzfläche der Bohrungshülse.

Die zitierte Gleichung setzt eine laminare Strömung im vorangegangenen Beispiel einer Kontaktierungsbohrung voraus und berücksichtigt die Rauigkeiten an dessen Wandung sowie die Dicke der, an dieser durch molekulare Adhäsion und Reibung anhaftenden, querschnitt-verengenden stationären Grenzschicht nicht.

Die Wahrscheinlichkeit, durch die Einwirkung eines Schwallstrahls eine im technischen Maßstab wirksame, erzwungene Strömung — sei diese laminar oder turbulent — durch solch enge Bohrungen hindurch zu erzeugen ist folgerichtig als äußerst gering zu bezeichnen.

Die vorrichtungsmäßige Anordnung der schmalen und langen Schwalldüse hat zwingend zur Folge, daß nur ein Bruchteil der Plattenoberfläche, und somit auch nur ein Bruchteil der darin befindlichen Kontaktierungsbohrungen mit der Behandlungsflüssigkeit aktiv bestrahlt wird. Die erfolgende Behandlung der Leiterplatte ist örtlich und zeitlich ungleichmäßig auf deren Oberfläche verteilt, ein Zustand, der offensichtlich als Mangel bezeichnet werden muß.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, insbesondere die Wandungsoberflächen der Kontaktierungsbohrungen in Leiterplatten mit wäßrigen Lösungen so zu behandeln, also zu reinigen und anschließend elektrisch leitend zu machen, daß durch mechanische sowie strömungsmechanische Mittel eine möglichst hohe Relativbewegung zwischen den Bohrungswandungen und den, an diesen entlangströmenden Flüssigkeiten erzeugt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das in einer horizontalen Betriebslage befindliche Werkstück eine Kombinationsbewegung ausführt, welche sich resultierend aus zwei selbständigen und voneinander unabhängigen Relativbewegungen gegenüber der Behandlungslösung zusammensetzt, wobei das Werkstück

a) eine erste gleitende Bewegung, vorzugsweise kontinuierlich und in longitudinal verlaufenden Bahnen in Transportrichtung in einer horizontalen Ebene durchführt, und simultan oder in zeitperiodischen Intervallen intermittierend, das Werkstück (die Leiterplatte)

b) eine zweite Bewegung ausführt, welche aus einer in rascher Folge heftig pulsierende Vibrationsbewegung besteht.

Im grundsätzlichen Gegensatz zum Stand der Technik, welcher der Beschleunigung der Behandlungsflüssigkeiten gegenüber den praktisch stationären Wandungen der Kontaktierungsbohrungen die ausschließliche Priorität gibt, um eine relative Bewegung zwischen den beiden fraglichen Elementen des Systems zu erzeugen, schlägt die Erfindung überraschenderweise den entgegengesetzten Weg vor, um die gestellte Aufgabe zu lösen; das Werkstück (die Leiterplatte) führt eine heftige schwingende Relativbewegung gegenüber der im wesentlichen stationären Behandlungslösung aus.

Versuchsreihen in betrieblichem Maßstab haben gezeigt, daß es für einen hinreichenden Stoffaustausch an den Wandungen der Kontaktierungsbohrungen keiner

zwingenden, sogenannten Zwangsdurchflutung mittels eines Schwallstrahls bedarf.

Der Vorgang des Stoffaustausches findet in einer, am festen Körper der Bohrungswandung anliegenden verhältnismäßig dünnen flüssigen Grenzschicht statt.

Der innerste Teil der Grenzschicht haftet am festen Körper (durch molekulare Adhäsionskräfte) und bewegt sich mit dessen Geschwindigkeit.

Die nächsten, nach außen folgenden Bereiche der Grenzschicht werden ebenfalls in Bewegung gesetzt, doch werden die erteilten Geschwindigkeiten mit wachsendem Abstand kleiner. Es entsteht also ein (mit der inneren Reibung in Flüssigkeiten deutbares) Geschwindigkeitsgefälle in der Grenzschicht zur Mitte der Bohrung hin, indem die Leiterplatte bewegt wird.

Erfindungsgemäß führt die Leiterplatte und somit auch die Bohrungswandungen eine heftig pulsierende Vibrationsschwingung aus.

Die mit hoher Frequenz erfolgenden Richtungsänderungen und Größen der untereinander verschiedenen Geschwindigkeiten in der flüssigen Grenzschicht verursachen örtliche turbulente Strömungen, also eine stark wirbelnde Durchmischung der Grenzschicht. Der geometrische Ort der Gesamtheit aller entstehenden lokalen, räumlich sehr kleinen Wirbelfelder hat eine hülsenartige Form, die konzentrisch an den Bohrungswandungen anliegt.

Analog zu elektrolytischen Verfahren kann vorausgesetzt werden, daß die Dicke der, durch die Schwingungsvibration entstehende und bewegte Grenzschicht größenordnungsmäßig rund 500 μm beträgt.

Die erfindungsgemäße Vibrationsschwingung übt ferner — sofern ihre Bewegungsbahnen nicht in der horizontalen Ebene der Leiterplatte verlaufen — eine Pumpwirkung auf die, in der Kontaktierungsbohrung 35 beinhaltete Flüssigkeitssäule aus.

Die rhythmische Hin- und Herbewegung zwischen den beiden Wendepunkten der Schwingungsbahnen hat entgegengesetzt gerichtete Kraftkomponenten in der Bohrungssache zur Folge; bewegt sich die Leiterplatte in die eine Richtung, dann entsteht am Bohrungsende in der Bewegungsrichtung ein hydrodynamisches Staugebiet (ein Überdruck), und an ihrem anderen Ende ein Soggebiet (ein Unterdruck).

Die sich ergebende Druckdifferenz (gegenüber der Masse der umgebenden Behandlungslösung) pumpt als motorische Antriebskraft die Flüssigkeitssäule in der Kontaktierungsbohrung in die entgegengesetzte Richtung der Leiterplatten-Schwingung.

Kehrt die Schwingungsrichtung der Platte um, so ändert sich auch die Richtung der Pumpwirkung um 180°.

Die Fig. 1 stellt den durch die Vibrationsschwingung erzeugten Pumpvorgang dar, welcher als eine erzwungene Konvektion (eine Zwangsdurchflutung der Kontaktierungsbohrung) zu bezeichnen ist.

Die Umkehrabläufe an den Wendepunkten der Schwingungsbahnen folgen einer Sinuskurve; das Entstehen und der Verlauf der potentiellen Flüssigkeitsströmungen in den Bohrungen wird durch sanft ansteigende und abnehmende Geschwindigkeiten laminar 60 sein.

Die laminare Strömung in der Mitte der Kontaktierungsbohrungen wird allseits von einem Mantel stationärer turbulenter Wirbelfelder umgeben sein, welche strömungsmechanisch den Übergang zu den, an den Bohrungswandungen anhaftenden flüssigen Grenzschichten bilden. Ein effektiver Stoffaustausch an dieser Bohrungshülse setzt jedoch voraus, daß die besagte la-

minare Strömung die hierzu benötigten Stoffe aus der umgebenden Masse der Behandlungslösung in das Bohrungsinere transportiert und durch Vermischung die Wirbelfelder speist, welche ihrerseits den Weitertransport der Stoffe an die Wandungs Oberfläche der Kontaktierungsbohrungen übernehmen.

Tritt der umg. kehrte Bedarfsfall auf, daß die Bohrungswandungen gereinigt werden müssen, so findet der Stofftransport in umgekehrter Richtung statt.

10 Betriebliche Versuche haben überraschenderweise gezeigt, daß es auch dann, wenn es aus strömungsmechanischen Gründen nicht möglich ist (hauptsächlich zufolge eines zu hohen Streckenverhältnisses zwischen dem Durchmesser der Kontaktierungsbohrungen und 15 deren Längen) die besagten Bohrungen mit Behandlungslösungen zu durchströmen, die erfindungsgemäße Erzeugung der lokalen Wirbelfelder eine intensive Durchmischung der Flüssigkeiten innerhalb der Bohrungen sowie in den äußeren Gebieten an den Bohrungsenden 20 erwirkt und auf diese Weise einen hinreichenden Stoffaustausch an den Bohrungswandungen ermöglicht.

Die Vibrationsschwingung trägt desgleichen dazu bei, durch eine verstärkte Diffusion in und um die, in der 25 Bohrung befindlichen Flüssigkeiten den Stofftransport zur Grenzschicht erheblich zu beschleunigen.

Die erfindungsgemäße Schwingung hat die Fähigkeit, das latente Diffusionsvermögen in den Flüssigkeiten — unabhängig vom Druck — wesentlich zu aktivieren. Einem Rührwerk ähnlich, diffundiert die Behandlungslösung mit erheblicher Geschwindigkeit durch die flüssige Grenzschicht zur festen Bohrungswandung hindurch. Stoff-Transport und Stoff-Austausch können in hinreichender Weise ausschließlich durch Diffusion erfolgen.

Die Leiterplatte wandert unter den kombinierten beiden Bewegungssystemen, also unter der horizontal gleitenden Transportbewegung und der heftig pulsierenden Vibrationsschwingung durch die Behandlungslösung hindurch resultierende Relativgeschwindigkeiten erreichend, die ein Vielfaches jener betragen, die durch das bekannte Schwallstrahl-Verfahren möglich sind.

Die hohen Relativgeschwindigkeiten sichern einen hinreichenden Stoffaustausch auch an den Wandungen kleinster Bohrungen.

45 Trotz der außerordentlichen verfahrenstechnischen Steigerung bedarf es keines besonderen apparativen Aufwandes, das erfindungsgemäße Bewegungssystem auch in bestehende Anlagen nachträglich einzurichten.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Frequenz 50 der Vibrationsschwingung auf einen Wert von größer als 1 Hz einzustellen.

Es hat sich weiterhin als günstig gezeigt, die Amplituden der Schwingung auf einen Wert zu begrenzen, der kleiner als 10 mm ist.

55 Die Bewegungsbahnen der Schwingung verlaufen im allgemeinen longitudinal und ihre Richtungen können in jedem beliebigen Winkel zur ebenen Oberfläche der Leiterplatte stehen oder aber, die Bahnen können auch in der Plattenebene selbst liegen.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingungen kreisrund oder — ähnlich sind.

65 Fig. 2 stellt schematisch den Bewegungsverlauf der Leiterplatte während einer vollen Rotationsschwingung dar, die — auch alternierend — sowohl im Uhrzeiger- als auch im Gegenuhrzeigersinn gerichtet werden kann.

Die als Beispiel dargestellte Bewegungsbahn der

Kreisschwingung verläuft in einer Ebene, die senkrecht zur benen Oberfläche der Mehrlagen-Leiterplatte steht.

Der gezeigte Plattenquerschnitt schließt eine Kontaktierungsbohrung ein.

Die, auf die schematische Darstellung in der Fig. 2 bezogenen Fig. 3a und 3b geben in einem Koordinatensystem die Größen der Umlaufgeschwindigkeiten der erfindungsgemäß schwingenden Leiterplatte in ihren horizontalen und vertikalen Richtungen während einer vollen Rotation wieder.

Die Bezugspunkte a bis l in den Fig. 2, 3a und 3b kennzeichnen die einzelnen geometrischen Orte der schwingenden Leiterplatte während ihrer Bewegung auf der kreisförmigen Umlaufbahn.

Der horizontale Doppelpfeil in der Fig. 3a veranschaulicht den rhythmischen zu- und abnehmenden Anpreßdruck der, in der Kontaktierungsbohrung befindlichen Lösung zu deren Wandung hin.

Die Folge ist ein gesteigerter Stoffaustausch an der Bohrungswandung sowohl durch eine verminderte Dicke der daran anhaftenden flüssigen Grenzschicht als auch durch einen mechanisch intensivierten Diffusionsverlauf.

Der vertikale Doppelpfeil in der Fig. 3b dagegen zeigt das pulsierende Durchpumpen der Behandlungslösung durch die Bohrung entlang ihrer Achse hindurch und in der periodischen Abwechslung ihrer beiden entgegengesetzten Strömungsrichtungen.

Der Vorgang der Richtungsänderungen an den beiden Umkehrpunkten der Bewegungsbahn verläuft einer Sinuskurve entsprechend gedämpft, die entstehende Durchströmung der Kontaktierungsbohrung ist laminar.

Die Kreisfrequenz der Vibrationsschwingungen um ihre statische Ruhelage als Mittelpunkt ist auf einen Wert eingestellt, der größer als 1 Hz ist; die Kreisamplituden (die Durchmesser) ihrer kreisförmigen oder — ähnlichen Bewegungsbahnen sind auf einen Betrag von weniger als 10 mm beschränkt.

Eine besonders bevorzugte Erfindungsvariante besteht darin, daß die kreisförmigen Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung in einer Ebene verlaufen, die horizontal und somit in der Ebene der in horizontaler Betriebslage befindlichen Leiterplatte liegt.

Die zentrifugale Schleuderkraft der, innerhalb der heftig kreisenden Bohrung befindlichen Flüssigkeit, drückt diese an den hülsenartigen Bohrungsmantel kreisperiodisch und gleichmäßig stark an; der Stoffaustausch an der flüssigsten Phasengrenze wird entsprechend gesteigert.

Die Drehrichtungen der horizontalen Bewegungsbahnen kreisförmiger Vibrationsschwingungen können desgleichen im Uhrzeiger- oder Gegenurzeigersinn periodisch wechseln, um den Stoffaustausch möglichst gleichmäßig zu verteilen. Antriebe auf der konstruktiven Basis eines Umwucht-Vibrators haben sich als zweckmäßige Vorrichtungen für die Erzeugung der kreisförmigen Vibrationsschwingungen erwiesen.

Wie bereits erwähnt, beruht die Erfindung — im Gegensatz zum Stand der Technik — auf dem Grundgedanken, die Oberfläche der Leiterplatte, und insbesondere jene der darin befindlichen Kontaktierungsbohrungen zu einer sehr hohen Relativgeschwindigkeit gegenüber den, die Leiterplatte benetzenden, im wesentlichen unbewegten Behandlungsflüssigkeiten zu beschleunigen.

Als Anwendungsbeispiel möge eine Schwingung mit

longitudonalen Bewegungsbahnen, parallel zu den Bohrungssachsen herangezogen werden, deren Frequenz 24 Hz und Amplitude 0,4 mm sei.

Die sich ergebende Relativgeschwindigkeit der Leiterplatte gegenüber der Lösung beträgt 19,2 mm/sec (im Gegensatz zur Relativgeschwindigkeit des zuvor berechneten Beispiels aus der betrieblichen Praxis mit einer, mit Schwallstrahl behandelten Leiterplatte von 5 mm Dicke, bei der eine entsprechende Relativgeschwindigkeit von 1,04 mm/sec erreicht wird).

Das Größenverhältnis der erfindungsgemäßen Steigerung gegenüber dem bekannten Stand stellt sich als $19,2 : 1,04 = 18,4 : 1$ dar.

Es hat sich weiterhin als nützlich erwiesen, zur Unterstützung des erfindungsgemäßen, bereits intensivierten Diffusionsvorgangs in den Kontaktierungsbohrungen zusätzlich Ultraschall einzusetzen.

Dessen Anwendung erfolgt im allgemeinen nur bei Reinigungsprozessen der Leiterplatten mit den verschiedenen Behandlungslösungen.

Die hochfrequenten Schallwellen (von 10 000 Hz und mehr) werden als geradlinige Bündel von den Schallwandlern abgestrahlt und treffen senkrecht — ohne Interferenzen oder Abschirmungen — auf die Oberflächenebenen der horizontal durchlaufenden Leiterplatten.

Die Schallintensität kommt dabei an der Phasengrenze Festkörper-Flüssigkeit voll zur Geltung, nicht jedoch entlang der zylindrischen Hülsen der Behandlungsbohrungen, deren Achsen parallel zur Schallrichtung verlaufen. Die Schallwellen verstärken jedoch — durch lokales Rütteln — die Diffusion innerhalb der, in den Bohrungen befindlichen Flüssigkeitssäulen bis in den Bereich ihrer Grenzschichten hin.

Es ist wohl am vorteilhaftesten, die erfindungsgemäße Schwingung an den, in einer horizontalen Betriebslage gleitenden Leiterplatten dann anzuwenden, wenn deren beide ebenen Oberflächen mit den Behandlungslösungen benetzt sind, naheliegenderweise dann, wenn sich die Platten vollständig in den entsprechenden Lösungen eingetaucht befinden.

Es ist desgleichen offensichtlich, daß die verfahrenstechnischen Vorteile der Erfindung auch dann zur vollen Geltung kommen, wenn mindestens eine der beiden Oberflächen der Leiterplatte mit der Flüssigkeit weitgehend oder — besser — vollständig überdeckt ist.

Dieser Zustand kann herbeigeführt werden, wenn die Behandlungslösung auf die obere flache, horizontal liegende Plattenoberfläche durch einen kontinuierlich fließenden Strom zugeleitet, besprüht oder gespritzt wird.

Analog gilt die gleiche Aussage auch dann, wenn die untere Oberfläche der Leiterplatte beispielsweise durch Sprühen, Spritzen oder durch einen Lösungsstrahl (Schwall) benetzt ist.

Die Erfindung schlägt weiterhin als einen zusätzlichen Beitrag zum Zustandekommen einer Strömung durch die Kontaktierungsbohrungen vor, hydrodynamisch einen Unterdruck — Bereich (ein Soggebiet) zu bilden, welcher direkt an der unteren Oberfläche der Leiterplatten anliegt.

Der Vorschlag steht im Gegensatz zum bekannten Schwallverfahren, welches einen Flüssigkeitsstrahl unter kinetischer Energie gegen die Plattenoberfläche aufprallen läßt.

Das erfindungsgemäße Saugverfahren wirkt selektiv, und zwar konzentriert auf die, dem Saugbereich zugewandten Bohrungsenden.

Es erzeugt somit eine vertikal nach unten gerichtete

laminare Strömung durch die Bohrungen hindurch, ohne den heuenden unbeabsichtigten Nebenwirkungen, die durch das stoßartige Aufprallen des Schwallstrahls auf die Plattenoberfläche verursacht werden.

Die Sogwirkung wird gleichzeitig und gleichmäßig, konstant bleibend auf die gesamte Oberfläche der Leiterplatte ausgeübt.

Um die Höhe des Unterdrucks zeit- und ortsunabhängig aufrecht zu erhalten, werden unterhalb der rechteckigen ebenen Leiterplatte ein System unter einander kombinierter Saugkammern vorzugsweise prismatischer Raumform vorgesehen, deren obere rechteckige Seitenflächen als Öffnungen parallel und deckungsgleich direkt den unteren Oberflächen der Platten zugeordnet sind.

Der Hagen-Poiseuille'schen Gleichung kann entnommen werden, daß die dynamische Viskosität (Zähigkeit) der Flüssigkeiten als Faktor im umgekehrten Verhältnis zum Fließvermögen (zum Volumen des Flüssigkeitstransports) steht.

Die, auf die innere Reibung zurückzuführende dynamische Viskosität ist von der Temperatur der Flüssigkeiten abhängig und nimmt mit deren steigendem Wert ab.

Es ist daher sinnvoll, um sowohl das Durchflußvermögen der Behandlungslösungen durch die Bohrungen zu erhöhen als auch — unabhängig davon — den Diffusionsvorgang zu beschleunigen, die Lösungen an der oberen zulässigen Grenze ihres Temperatur-Intervalls einzustellen.

Ersetzt man die wäßrigen Lösungen als Behandlungsmedien durch Luft, so kann die Erfindung zum Trocknen der, nach einer letzten Spülung mit Wasser behandelten Leiterplatten verwendet werden.

Die Vibrationsschwingung trennt die, an den gespülten Oberflächen der Leiterplatten anhaftenden Reste an Wasser (Tröpfchen und Aerosole) mechanisch durch Rütteln von diesen und die, durch die Kontaktierungsbohrungen hindurch zirkulierende erwärmte Luft transportiert die Spülreste zu entsprechenden Abscheidern.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung sind als Beispiele den zugehörigen Figuren von erfindungsgemäßen Ausführungsmöglichkeiten zu entnehmen.

Die Fig. 1 zeigt einen im wesentlichen schematischen Querschnitt durch eine Leiterplatte 1 mit einer Kontaktierungsbohrung 2, die eine Vibrationsschwingung mit longitudinalen geradlinigen Bewegungsbahnen und eine Amplitude a um ihre statische Ruhelage ausführt; die Bewegungsrichtungen stehen senkrecht zur ebenen Oberfläche der Platte 1.

Die rhythmische Hin- und Herbewegung zwischen den beiden Wendepunkten der Schwingungsbahnen hat entgegengesetzt gerichtete Kraftkomponenten in der Bohrungsachse zur Folge (die in der Fig. 1 mit schwarzen Pfeilen angedeutet sind); bewegt sich die Leiterplatte 1 in die eine Richtung, dann entsteht am Bohrungsende in der Bewegungsrichtung ein hydrodynamisches Staugebiet (ein Überdruck), und an ihrem anderen Ende ein Soggebiet (ein Unterdruck).

Die sich ergebende Druckdifferenz (gegenüber der Masse der umgebenden Behandlungslösung) pumpt als motorische Antriebskraft die Flüssigkeitssäule in der Kontaktierungsbohrung 2 in die entgegengesetzte Richtung der Plattenschwingung.

Die Fig. 1 stellt demnach prinzipiell den, durch die erfindungsgemäße Vibrationsschwingung erzeugten Pumpvorgang dar, welcher als eine erzwungene Konvektion (als eine sogenannte Zwangsdurchflutung der

Kontaktierungsbohrungen 2) definiert werden kann.

Die Umkehrabläufe an den Wendepunkten der Schwingungsbahnen folgen einer Sinuskurve; das Entstehen und der Verlauf der Flüssigkeitsströmungen in den Bohrungen 2 wird durch die sanft ansteigenden und abnehmenden Relativgeschwindigkeiten laminar sein.

Die Fig. 2 zeigt wiederum schematisch eine Vibrationsschwingung mit kreisförmigen Bewegungsbahnen in einer Ebene, die senkrecht zur Oberfläche einer Mehrlagen-Leiterplatte 3 steht.

Die Amplitude (der Durchmesser, die Ausschlag- oder Schwingungsweite) der Kreisbahn sei mit dem Buchstaben r bezeichnet, der statische Mittelpunkt der Ruhelage befindet sich in der Kontaktierungsbohrung 2.

Die Rotationsrichtung kann sowohl im Uhrzeiger- als auch im Gegenuhrzeigersinn erfolgen.

Die Fig. 3a und 3b beziehen sich funktionell auf die Darstellung in der Fig. 2.

Sie geben in einem Koordinatensystem die horizontalen und vertikalen Komponenten der relativen Umlaufgeschwindigkeiten wieder.

Die Bezugspunkte a bis l in den Fig. 2, 3a und 3b kennzeichnen die einzelnen geometrischen Orte der schwingenden Leiterplatte 3 während ihrer Bewegung auf der kreisförmigen Umlaufbahn.

Der horizontale Doppelpfeil in den Fig. 3a veranschaulicht den rhythmisch zu- und abnehmend pulsierenden Anpreßdruck dem die in der Kontaktierungsbohrung befindliche Lösung zu deren Wandung hin ausgesetzt ist.

Die Folge ist ein gesteigerter Stoffaustausch sowohl durch eine entsprechend verminderte Dicke der an der Wandung anhaftenden flüssigen Grenzschicht als auch durch einen mechanisch intensivierten Diffusionsablauf innerhalb der, in der Bohrung eingeschlossenen Behandlungslösung.

Der vertikale Doppelpfeil in der Fig. 3b dagegen zeigt das pulsierende Durchpumpen der Behandlungslösung durch die Bohrung 2 entlang ihrer Achse hindurch, und zwar in der periodischen Abwechslung ihrer beiden entgegengesetzten Strömungsrichtungen.

Der Vorgang der Richtungsänderungen an den beiden Wendepunkten c und i der Bewegungsbahn verläuft einer Sinuskurve entsprechend gedämpft; die Durchströmung der Bohrung 2 ist laminar.

Die Fig. 4 gibt schematisch das Funktionsprinzip eines Unwucht-Vibrators nach der Erfindung wieder, welcher als die bevorzugte motorische Antriebsquelle für die Erzeugung einer Kreisschwingung zu bezeichnen ist.

Ein Rotor 4 wird auf die Welle 5 eines Elektromotors 6 aufgesetzt und die erzeugten Unwuchtkräfte werden mechanisch direkt oder indirekt als Schwingungsvibrationen auf die Leiterplatten 1 und 3 übertragen.

Das stationär schwingende System kreist in ebenen Bewegungsbahnen mit konstanten Radien und Winkelgeschwindigkeiten um seinen Mittelpunkt als Ruhelage herum.

Die Unwuchtkräfte lassen sich von einem Maximum auf Null reduzieren; die Amplituden der Vibrationschwingungen können daher stufenlos geregelt werden.

Kreisfrequenzen in der Größenordnung von 24 Hz haben sich als zweckmäßig erwiesen, die Reinigung und Leitendmachung von Kontaktierungsbohrungen 2 in Mehrlagen-Leiterplatten 3 auch bei Streckenverhältnissen von 15 : 1 und größer ausschlußfrei sicher zu stellen.

Die Fig. 5 zeigt einen Querschnitt senkrecht zur Transportrichtung durch eine Anlage zum elektrolytischen Auftrag (beispielsweise von Kupfer) auf eine Lei-

terplatte 3. Die in der Behandlungslösung befindlichen oberen Anoden 7 sind parallel zu den darunter liegenden Leiterplatten 3 bzw. zu deren horizontal verlaufenden Transportweg angeordnet. Die Anoden 7 sind vorzugsweise unlöslich, beispielsweise aus platinisiertem Titan und gewährleisten durch Parallelität in nächster Nähe zu den ebenen Leiterplatten 3 außerordentlich gleichmäßig verteilte metallische Niederschläge auf diesen. Die leichtgewichtigen Anoden 7 lassen sich in einfacher Weise aus der Badlösung herausnehmen und ermöglichen auf diese Weise einen guten Zugang zu den unteren löslichen, in perforierten Titankästen enthaltenen Kupferanoden 8 in Kugelform.

Als Transportmittel für die Beförderung der in einer horizontalen Betriebslage kontinuierlich gleitenden Leiterplatten 3 (durch die als Beispiel gewählte Anlage) werden Klammern verwendet, welche sich aus zwei, durch Federdruck 9 zueinander gepreßten Bügeln 10 und 11 zusammensetzen.

Die, die Leiterplatten 3 an mindestens einem ihrer rechteckigen Seiten erfassenden Bügel 10 und 11 erfüllen gleichzeitig auch die Aufgabe, den benötigten elektrischen Strom für die elektrolytische Reduktion diesen zuzuleiten. Der untere Bügel 11 der Klammer gleitet und schleift entlang einer Bürstenvorrichtung 12, die an eine nicht eingezeichnete Stromquelle angeschlossen ist.

Eine größere Anzahl von Klammern sind hintereinander und im Abstand voneinander an einem endlosen, über Führungsrollen 13 umlaufenden Band 14 angebracht.

Eine Führungsschiene 15 läuft vollständig um das Transportsystem herum, während eine Anlaufschiene 16 sich nur über jenen Bereich der Anlage erstreckt, an welchem kein Transportbedarf für die Leiterplatten 3 besteht.

Die Anlauffläche der Schiene 16 ist so positioniert, daß sie unter Zusammendrücken der Feder 9 die Leiterplatten aus dem Bügelpaar 10 und 11 ausklingt.

Um das, an den Bügelenden 10 und 11 niedergeschlagene Metall zu entfernen, wird eine weitere kommunizierende Wanne (eine Entmetallisierungskammer) 17 vorgesehen, die ebenfalls mit der Elektrolytflüssigkeit gefüllt ist und über eine Gegenelektrode verfügt.

Sobald sich das Bügelpaar 10 und 11 in der Kammer 17 befindet, wird ihm über eine elektrisch getrennte Bürstenvorrichtung 18 ein Strom entgegengesetzter Polarität jener der Bürsten 12 zugeführt.

Das niedergeschlagene Metall wird beim Durchgang der Bügelpaare 10 und 11 durch die Kammer 17 auf elektrolytischem Wege wieder entfernt.

Die Führungsrollen 13 und -schienen 15, das endlose Band 14, die Anlaufschiene 16, die Bürstenvorrichtungen 12 sowie 18 sind gemeinsam mit der Folge der Bügelpaare 10 und 11 auf einer Grundplatte 19 als eine funktionelle Aggregatseinheit mechanisch fest in sich zusammengefaßt.

Die besagte Einheit ist stationär, also starr auf der, die Behandlungslösung enthaltende Wanne 20 aufgesetzt.

Unterhalb der Grundplatte 19 ist ein Unwucht-Vibrator 21 an diesem befestigt, dessen kreisförmige Vibrationsschwingungen resonanzfrei an die zuvor beschriebene Aggregatseinheit übertragen werden.

Der Unwucht-Vibrator 21 und die Aggregatseinheit schwingen somit gemeinsam mit phasengleichen Frequenzen und Amplituden.

Die Aggregatseinheit ruht auf einer Anzahl von Schwingungsdämpfern (im konkreten Fall des Ausführungsbeispiels in der Form von Spiralfedern) 22, die auf einem, sich entlang der Wannenreihe 20 erstreckenden massiven Sockel 23 aufgesetzt sind.

Die Schwingungsdämpfer 22 haben die Aufgabe einerseits die von der Aggregatseinheit ausgehenden Vibrationsschwingungen zum Sockel 23 hin federnd zu absorbieren, um diesen völlig frei von deren Einfluß zu halten und andererseits die, daraufliegende Einheit zu tragen.

Die Fig. 5 zeigt die Klammern (das Bügelpaar 10 und 11) auf der linken Seite des schwingenden Transportsystems in einem zusammengeklappten, den Rand der horizontalen Leiterplatten 3 umfassenden, und auf der rechten Seite des Systems (der Nebenwanne 17 entlang gleitend) in einem geöffneten Betriebszustand.

In beiden Fällen tauchen die unteren Enden des Bügelpaars 10 und 11 in die Elektrolytflüssigkeit ein.

Die zusammengedrückten Bügelenden 10 und 11 üben eine starke Klemmwirkung auf den umfaßten Rand der Leiterplatte 3 aus und übertragen somit sowohl die Frequenz als auch die Amplitude der schwingenden Aggregatseinheit resonanzfrei an diese.

Die, in den Fig. 5 und 6 angedeutete kreisförmige Vibrationsschwingung der Leiterplatte 3 wird durch die, am Kreisumfang eingezeichneten kleinen Pfeile versinnbildlicht, deren Mittelpunkt in der Platte 3 liegt.

Der Schwingungsanteil in der Vertikalen verursacht ein periodisch alternierendes Durchpumpen der Elektrolytlösung durch die Kontaktierungsbohrungen 24 in den beiden Richtungen ihrer Längsachse hindurch.

Die Pumpwirkung entsteht durch die Druckdifferenz zwischen den beiden Bohrungsenden (zufolge des rhythmisch abwechselnden Aufbaus von Stau- und Soggebieten dortselbst).

Der Schwingungsanteil in der Horizontalen steigert seinerseits den Stoffaustausch in dem hülsenartigen Bereich flüssiger Grenzschichten an den Bohrungswandungen durch alternierenden Druckwechsel und intensivierte Diffusion. Die vorangehenden Aussagen gelten ohne Einschränkungen für Leiterplatten 3, deren Breiten (in Transportrichtung) nicht zu groß sind, um nur einseitig an einem Rand erfaßt zu werden.

Es muß stets sichergestellt sein, daß die, von der Aggregatseinheit ausgehenden Vibrationsschwingungen stets gleichmäßig über die gesamte Plattenoberfläche übertragen sind.

Die Fig. 6 zeigt den Anwendungsfall zu großer Breiten der Leiterplatten 3, um diese nur einseitig von den Klammern 10 und 11 erfassen zu lassen oder aber, daß die Plattendicke zu gering ist (Folie).

In solchen Fällen ist es erforderlich, daß die entsprechenden Mittel für den Transport der Leiterplatten 3 sowie für die Stromzuführung zu diesen an zwei gegenüberliegenden Seiten der rechteckigen Platten 3 vorgesehen sind.

Die Fig. 6 zeigt im Querschnitt zur Transportrichtung eine vervollständigende Ergänzung zu der, in der Fig. 5 dargestellten Anlage.

Der Anlagenausschnitt in der Fig. 5 umfaßt nur den technischen Komplex für die Führung des (rechten) Randes der Leiterplatte 3, und der Ausschnitt der gleichen erweiterten Anlage in der Fig. 6 gibt schematisch die technische Ausrüstung für die Führung des gegenüberliegenden (linken) Randes der gleichen Platte 3 wieder.

Das Besondere an der in der Fig. 6 wiedergegebenen Aggregatseinheit ist ihre mobile Verschiebbarkeit (Verfahrbarkeit) senkrecht zur Transportrichtung der Lei-

terplatten 3 (im Gegensatz zur stationären Anordnung des Aggregats in der Fig. 5).

Dieses Merkmal ist durch den Doppelpfeil oberhalb des Aggregats in der Fig. 6 gekennzeichnet.

Vergleicht man die beiden Aggregate in den Fig. 5 und 6, dann ist es offensichtlich, daß ihre Konstruktionselemente (Führungsrollen 13 und -schienen 15, ndloses Band 14, Anlaufschiene 16, Bürstenvorrichtungen 12 sowie 18, Bügelpaare 10 und 11, Grundplatte 19 und Unwucht-Vibrator 21) spiegelbildlich symmetrisch zueinander sind.

Durch die seitliche Verfahrbarkeit des Aggregates in der Fig. 6 ist es möglich, die Anlage für Leiterplatten 3 verschiedener Breiten zu verwenden.

Die Anlage läßt sich mühelos an sich verändernden unvorgesehenen Produktionsbedingungen anpassen. Das beidseitige Erfassen der Leiterplatten 3 durch die Transportmittel 10 und 11 verbessert desgleichen die Übertragungsqualität der, von den beiden Aggregaten her übermittelten Vibrationsschwingungen.

Es ist naheliegend, daß sowohl die Frequenzen und Amplituden der Schwingungen beider beteiligten Unwucht-Vibratoren 21 als auch die Geschwindigkeiten beider beteiligten Transportsysteme synchron aufeinander abgestimmt sind.

Das Aggregat der Fig. 6 ist auf einem schiffenformigen Fahrgestell aufgesetzt, welches sich im wesentlichen aus einer horizontalen länglichen Bodenplatte 25, aus einigen in Reihe darin verankerten lotrechten Tragsäulen 26 und aus einem massiven, diesen verbindenden Balken 27 zusammensetzt. Der besagte Balken 27 ist durch das Bindeglied zu den beiden, außerhalb der Wanne 20 befindlichen, auf den Rädern 28 rollenden und in den Schienen 29 geführten seitlichen vertikalen Stützgerüsten 30.

Fernerhin, das verfahrbare Aggregat führt eine Gegenelektrode mit sich, um (ähnlich der Entmetallisierungskammer 17 der Fig. 5) die Enden der auseinander geklinkten Bügelpaare 10 und 11 auf elektrolytischem Wege reinigen zu können.

Der Fig. 6 ist ferner zu entnehmen, daß die Breite der Leiterplatte 3 die beiden linken (unteren) Anodenkästen 8 nicht überdeckt.

Es ist zwingend notwendig, daß die besagten Anoden 8 und die zu diesen korrespondierenden oberen unlöslichen Anoden 7 von der Stromquelle abzuschalten, um ein gleichmäßiges elektrisches Feld für die Leiterplatte 3 im Elektrolyten sicherzustellen.

Der Elektrolyt soll, um eine möglichst gleichbleibende chemische Zusammensetzung und eine konstante Temperatur im Umgebungsbereich der Leiterplatte 3 zu behalten, kontinuierlich umgewälzt werden.

Um diesen Erfordernissen zu entsprechen, wird die Badlösung der Wanne 20 mittels der Pumpe 32 ständig im Kreislauf bewegt.

Die strichpunktieren großen und die ausgezogenen kleinen schwarzen Pfeile veranschaulichen die Richtung und den Weg des dabei entstehenden Flüssigkeitskreislaufs.

Die Lösung strömt — von der Pumpe 32 kommend — durch einige in Reihe angeordnete Eintrittsstutzen 33 in die Elektrolytmasse der Wanne 20 hinein mit Richtung auf den Raum oberhalb der Leiterplatte 3.

Die Stutzen 33 befinden sich in der Höhe des Lösungsspiegels.

Die Erfindung schlägt vor, eine Anzahl von Saugkammern 34 vorzusehen, die deckungs- und flächengleich dicht unterhalb der horizontalen Oberflächen der Plat-

ten 3 anzuordnen sind. Das System der Saugkammern 34 erzeugt somit einen Unterdruck-Bereich (ein Soggebiet) an den unteren Enden der Kontaktierungsbohrungen 2 und zwingt die, zu den oberen Enden der Bohrungen 2 zufließende Badlösung durch diese hindurch nach unten zu strömen.

Es entsteht ein Zustand erzwungener Konvektion (Zwangsdurchflutung) durch Druckdifferenzen an den beiden Enden der einzelnen Kontaktierungsbohrungen.

Die ausgeübte Sogwirkung verstärkt zusätzlich den, durch die erfindungsgemäße Vibrationsschwingung maßgebend erzeugten Stoffaustausch an den Bohrungswandungen.

Die chemische oder elektrolytische Behandlung der einzelnen Leiterplatten 3 soll möglichst gleichmäßig und simultan an allen Orten ihrer Oberflächen und in allen zugehörigen Kontaktierungsbohrungen vor sich gehen.

Um dieser Bedingung zu entsprechen, ist das deckungsgleiche System der Saugkammern 34 in einzelne, unabhängig voneinander wirkende Einheiten aufgliedert, die druck- (Manometer-) gesteuert über die Magnetventile 35 funktionieren.

Die Saugkammern 34 haben vorzugsweise eine prismatische Raumform, deren obere rechteckige Seitenflächen als Öffnungen parallel zu den unmittelbar darüber in Transportrichtung gleitenden Leiterplatten 3 ausgerichtet sind.

Jede einzelne Saugkammer 34 ist, über druckgesteuerte Magnetventile 35 hinweg mit einer eigenen Leitung an die Förderpumpe 32 angeschlossen.

Berücksichtigt man die betriebliche Realität (erhärtert durch das zuvorgehende numerische Beispiel einer Leiterplatte 3 mit Kontaktierungsbohrungen von 0,3 mm Durchmesser, einer Bohrungsdichte von 64 Bohrungen/cm² und einer sich ergebenden spezifischen offenen Durchtrittsfläche der Platte von 4,544%), daß also nur ein äußerst geringer Anteil der Plattenoberfläche von der Badlösung durchflossen werden kann, dann läßt sich die selektive Sogwirkung am unteren Ende einer Bohrung mit jener eines Saugnapfes vergleichen. Der Wirkungsgrad des Sogeffektes für die Erzeugung einer laminaren Strömung durch die Bohrung hindurch ist offensichtlich sehr hoch.

Bedarf es keiner elektrolytischen Oberflächenbehandlung, sondern nur einer chemischen Reinigung der Leiterplatten 3, dann ist es vorteilhaft sich eines Transportmittels für ihre Beförderung zu bedienen, welches schematisch in der Fig. 7 angedeutet ist.

Die Einrichtung weist eine horizontal verlaufende Transportbahn, die durch 2 Reihen gegenüber liegender Rollen (Walzen) hindurch geführt und begrenzt wird.

Die horizontalen Rollen stehen senkrecht zur Beförderungsrichtung der Leiterplatten 3 und beiderseits, oberhalb und unterhalb der Transportbahn angeordnet.

Die untere Reihe übernimmt als Transportrollen 37 die Aufgabe der motorischen Weiterbeförderung der Platten 3 von einer Behandlungsstation der Anlage zur nächsten; die obere Reihe besteht aus den frei laufenden Andruckrollen 38.

Die Rollen 38 pressen die Leiterplatten 3 spielfrei gegen die untere Reihe der Transportrollen 37 an.

Einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zufolge verlaufen die Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung in einer horizontalen Ebene, d. h. in der Ebene der, in horizontaler Betriebslage geführten Leiterplatten 3.

Die horizontal heftig pulsierende Leiterplatte 3 stößt

die in der Kontaktierungsbohrung 2 eingeschlossene Lösungssäule gegen ihre Wandung hin und her; der Diffusionsvorgang und der Stoffaustausch an der Phasengrenze Festkörper-Flüssigkeit werden erheblich gesteigert.

Der waagrechte Pfeil in der Fig. 7 zeigt die Transportrichtung der Leiterplatten 3 an. Der, als Ellipse eingezeichnete Pfeil an der Platte 3 deutet eine erfindungsgemäße Vibrationsschwingung mit kreisförmigen Bewegungsbahnen an, die in der horizontalen Betriebsebene der Leiterplatte 3 stattfindet.

Die Rotationspfeile in den Antriebs- und Andruckrollen 37 bzw. 38 entsprechen dem kontinuierlichen Durchlauf der Leiterplatten 2 entlang der Transportbahn zwischen den besagten Rollenreihen.

Die Saugkammer 34 ist mit ihrer breiten Öffnung dicht und parallel der unteren ebenen Oberfläche der, über diese hinweg gleitenden Leiterplatte 3 zugeordnet.

Der, in der Kammer 34 entstehende Unterdruck erzeugt ein Soggebiet an den unteren Enden der, in der durchfahrenden Platte 3 befindlichen Kontaktierungsbohrungen 2.

Die Behandlungslösung von der oberen Plattenseite wird durch die erzeugte Sogwirkung durch die Bohrung 2 hindurch fließend in diese hinein gezogen.

Im Gegensatz zum bekannten Schwallstrahl, der geradlinig entlang seines engen Düsen Schlitzes nur lokal einen geringen Teil der Plattenoberfläche zu erfassen vermag, umfaßt das System der Saugkammern 34 die Leiterplatte 3 in ihrer Gesamtheit gleichmäßig und gleichzeitig während der gesamten Zeitdauer ihres Transportes durch eine Behandlungsstation der Anlage.

Die Fig. 8 versucht mit dem Schema eines Modells hypothetischer Aussagekraft den Erfindungsgedanken, bezogen auf die Strömungsverhältnisse der Behandlungsflüssigkeit innerhalb einer Kontaktierungsbohrung 2, in grober Annäherung und in einem stark vergrößerten Maßstab sinnbildlich darzustellen.

Es sei vorausgesetzt, daß eine Bohrung von 0,3 mm Durchmesser in einer, in der Behandlungslösung eingetauchten Leiterplatte 3 kreisförmige Vibrationsschwingungen einer Frequenz von 24 Hz ausführt, deren Radialamplituden 0,3 mm betragen.

Die horizontale Gleitbewegung der Platte 3 in der Transportrichtung ist durch den oberen, in der Fig. 8 eingezeichneten waagrechten Pfeil; ihre ebenfalls horizontal verlaufenden Kreisbahnen durch den unterbrochenen Pfeil elliptischer Form wiedergegeben.

Die heftig rotierende feste Bohrungswandung erreicht eine Relativgeschwindigkeit von

$$24 \text{ Hz} \times 21 \pi r = 24 \times 2 \pi r 0,15 = 22,608 \text{ mm/sec}$$

gegenüber der potentiell stationären Flüssigkeitssäule innerhalb der Bohrung 2.

Der Vorgang des Stoffaustausches findet in der, am festen Körper der Bohrung 2 anliegenden flüssigen Grenzschicht statt, dessen an der Wandung anhaftender Anteil mit der gleichen Geschwindigkeit rotiert.

Die nächsten, zur Mitte der Bohrung 2 hin folgenden Bereiche der Grenzschicht werden ebenfalls in Bewegung versetzt, jedoch mit immer kleineren Geschwindigkeiten.

Es entsteht, gemäß der inneren Reibung in Flüssigkeiten ein Geschwindigkeitsgefälle zur Mitte der Bohrung hin.

Die effektive Umlaufgeschwindigkeit von 22,608 mm/sec stellt die maximal erreichbare Relativgeschwindig-

keit der Bohrungswandung 2 gegenüber der hypothetisch stationären, darin eingeschlossenen Flüssigkeitssäule dar.

Der absolute Wert von 22,608 mm/sec gibt einen Aufschluß über die Größenordnung der Leistungssteigerung, die der erfindungsgemäßen Vibrationsschwingung eigen ist (im Vergleich zum Wert von 1,04 mm/sec des ursprünglich berechneten Beispiels nach dem Stand der Technik).

Das Schema der Fig. 8 schließt desgleichen die Überlagerung der rotierenden Flüssigkeitssäule in der Kontaktierungsbohrung 2 mit der, von der Saugkammer 34 ausgehenden und vertikal nach unten gerichteten Sogwirkung. Der resultierende Effekt läßt Bewegungsbahnen der Flüssigkeitsströmung durch die Bohrung 2 entstehen, die als Spiralen verlaufen.

Der Strömungsfaden wird in der Form einer Schraubenlinie (mit kleinen Pfeilen) angedeutet.

In welchem Ausmaß sich das Modell der Erfindung aus der Fig. 8 in die betriebliche Praxis umsetzen läßt, hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, von denen der Durchmesser der Kontaktierungsbohrungen 2 und seine Länge von überragender Bedeutung sind.

Weiterhin sind die Merkmale der Wandrauigkeit, der Lösungsviskosität sowie der -temperatur zu berücksichtigen. Die Stärke der Sogwirkung bestimmt die Geschwindigkeit der Strömung in der Achsrichtung der Bohrung 2.

Unabhängig jedoch davon, ob und in welchem Ausmaß eine oder gar keine Strömung durch die Kontaktierungsbohrung 2 zustande kommt ist es offensichtlich, daß die erfindungsgemäße Vibrationsschwingung zu einem wesentlich beschleunigten und intensivierten Stofftransport sowie -Austausch zum bzw. an der Bohrungswandung 2 durch Diffusion führt.

Fig. 9 gibt das Beispiel eines Einsatzes von Ultraschall-Schwingern 36 zur Steigerung der Reinigungswirkung mittels der Vibrationsschwingung in den Kontaktierungsbohrungen 2 der Leiterplatte 3 an.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Auslegeschrift 26 06 984

DE 40 17 380 C1

DE 30 11 061 C2

Patentansprüche

1. Verfahren zur chemischen oder elektrolytischen Oberflächenbehandlung von plattenförmigen Werkstücken, insbesondere von großflächigen, mit Kontaktierungsbohrungen versehenen Mehrlagen-Leiterplatten für gedruckte Schaltungen mittels wäßriger Lösungen, sowie gegebenenfalls auch mit Luft, dadurch gekennzeichnet, daß das in einer horizontalen Betriebslage befindliche Werkstück (3) eine Kombinationsbewegung ausführt, welche sich resultierend aus zwei selbständigen und voneinander unabhängigen Relativbewegungen gegenüber der Behandlungslösung als Komponenten zusammensetzt, wobei das Werkstück (3)

a) eine erste gleitende Bewegung, vorzugsweise kontinuierlich und in longitudinal verlaufenden Bahnen in Transportrichtung in einer horizontalen Ebene durchführt und simultan oder in zeitperiodischen Intervallen intermittierend, das Werkstück (3)

b) eine zweite Bewegung ausführt, welche aus einer in rascher Folge heftig pulsierender Vibrationsschwingungen besteht.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Vibrationsschwingung auf einen Wert größer als 1 Hz eingestellt ist.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplituden der im allgemeinen longitudinalen Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung auf einen Wert kleiner als 10 mm eingestellt sind.
4. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung kreisförmig oder — ähnlich sind und in Ebenen verlaufen, die im wesentlichen vertikal zu der Oberfläche des plattenförmigen Werkstückes (3) stehen, wobei die Kreisfrequenz der Vibrationsschwingung um ihre statische Ruhelage als Mittelpunkt auf einen Wert von größer als 1 Hz eingestellt ist.
5. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung kreisförmig oder — ähnlich sind, und in einer Ebene verlaufen, die horizontal und somit in der Ebene des in horizontaler Betriebslage befindlichen Werkstückes (3) liegt, wobei die Kreisfrequenz der Vibrationsschwingung um ihre statische Ruhelage als Mittelpunkt auf einen Wert größer als 1 Hz eingestellt ist.
6. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreisamplituden (die Durchmesser) der kreisförmigen oder — ähnlichen Bewegungsbahnen der Vibrationsschwingung auf einen Wert kleiner als 10 mm eingestellt sind.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtung der Bewegungsbahnen kreisförmiger Vibrationsschwingungen periodisch im Uhrzeiger- und Gegenuhrzeigersinn alternativ wechselt.
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb zur Erzeugung der kreisförmigen oder — ähnlichen Vibrationsschwingung ein Unwucht-Vibrator (4) ist.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Ultraschall-Schwinger geradlinig gerichtete Schallwellen, im wesentlichen senkrecht gegen die untere ebene Oberfläche des, in horizontaler Betriebslage befindlichen plattenförmigen Werkstückes (3) abstrahlen.
10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Werkstück (3) vollständig in der Behandlungslösung eingetaucht befindet.
11. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein, im allgemeinen kontinuierlich fließender Strom oder ein gespritzter Strahl der Behandlungsflüssigkeit gegen die ebenen, horizontalen Oberflächen des plattenförmigen Werkstückes (3) gerichtet ist, unabhängig davon, ob das Werkstück (3) vollständig in der Behandlungsflüssigkeit eintaucht, oder auch sich außerhalb dieser befindet.
12. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb des in einer horizontalen Betriebslage gleitenden plattenförmigen Werkstückes (3) ein Unterdruck-Bereich direkt an dessen unteren ebenen Oberfläche anliegend erzeugt ist, welcher Bereich dortselbst eine, im wesentlichen vertikal nach unten gerichtete Strömung der Behandlungsflüssigkeit und somit eine Sogwir-

kung an den unteren Enden der im Werkstück (3) befindlichen Kontaktierungsbohrungen (2) hervorruft, und damit eine Zwangsdurchflutung der besagten Bohrungen (2) durch die Flüssigkeit zur Folge hat.

13. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb des plattenförmigen Werkstückes (3) eine oder mehrere Saugkammern (34) vorzugsweise prismatischer Raumform vorgesehen sind, deren obere rechteckige Seitenflächen als Öffnungen parallel und deckungsgleich direkt der unteren Oberfläche des plattenförmigen Werkstückes (3) zugeordnet werden.

14. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlungsflüssigkeiten in ihren einzelnen spezifischen Anwendungsfällen an der oberen Grenze ihrer zulässigen betrieblichen Temperatur-Intervalle eingestellt sind.

15. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise erwärmte Luft als Behandlungsmedium zum Trocknen sowohl der Wandungen der Kontaktierungsbohrungen (2) als auch der seitlichen Oberflächen der Mehrlagen-Leiterplatten (3) verwendet wird.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

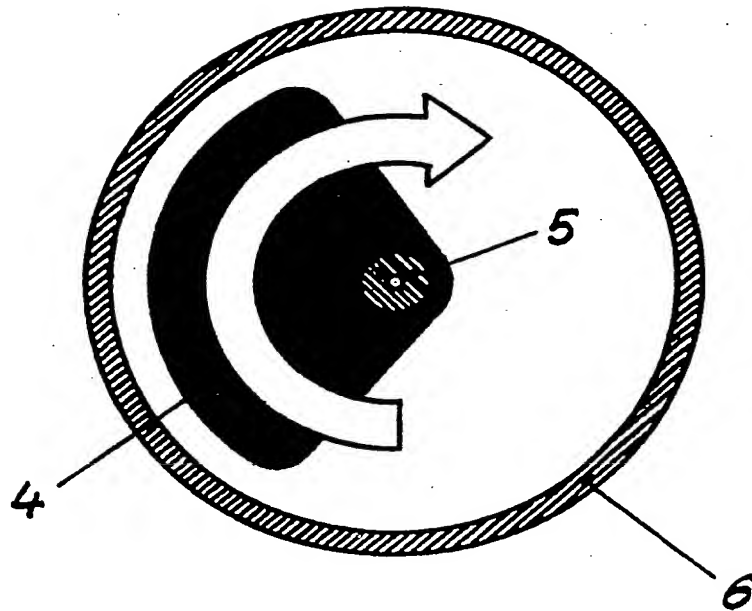
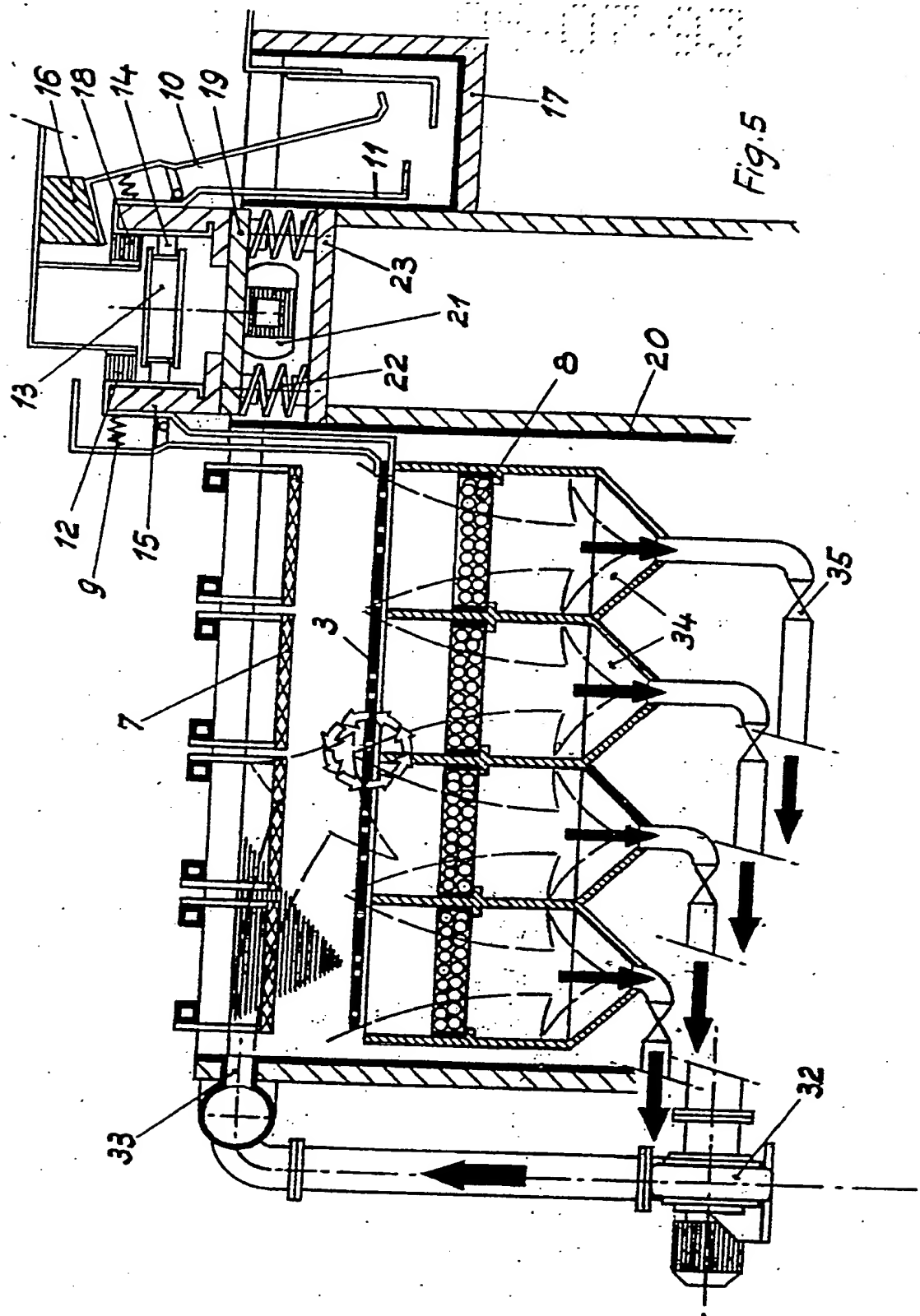


Fig. 4



Nummer:
Int. Cl. 6:
Offenlegungstag:

DE 43 22 378 A1
C 25 D 5/02
12. Januar 1995

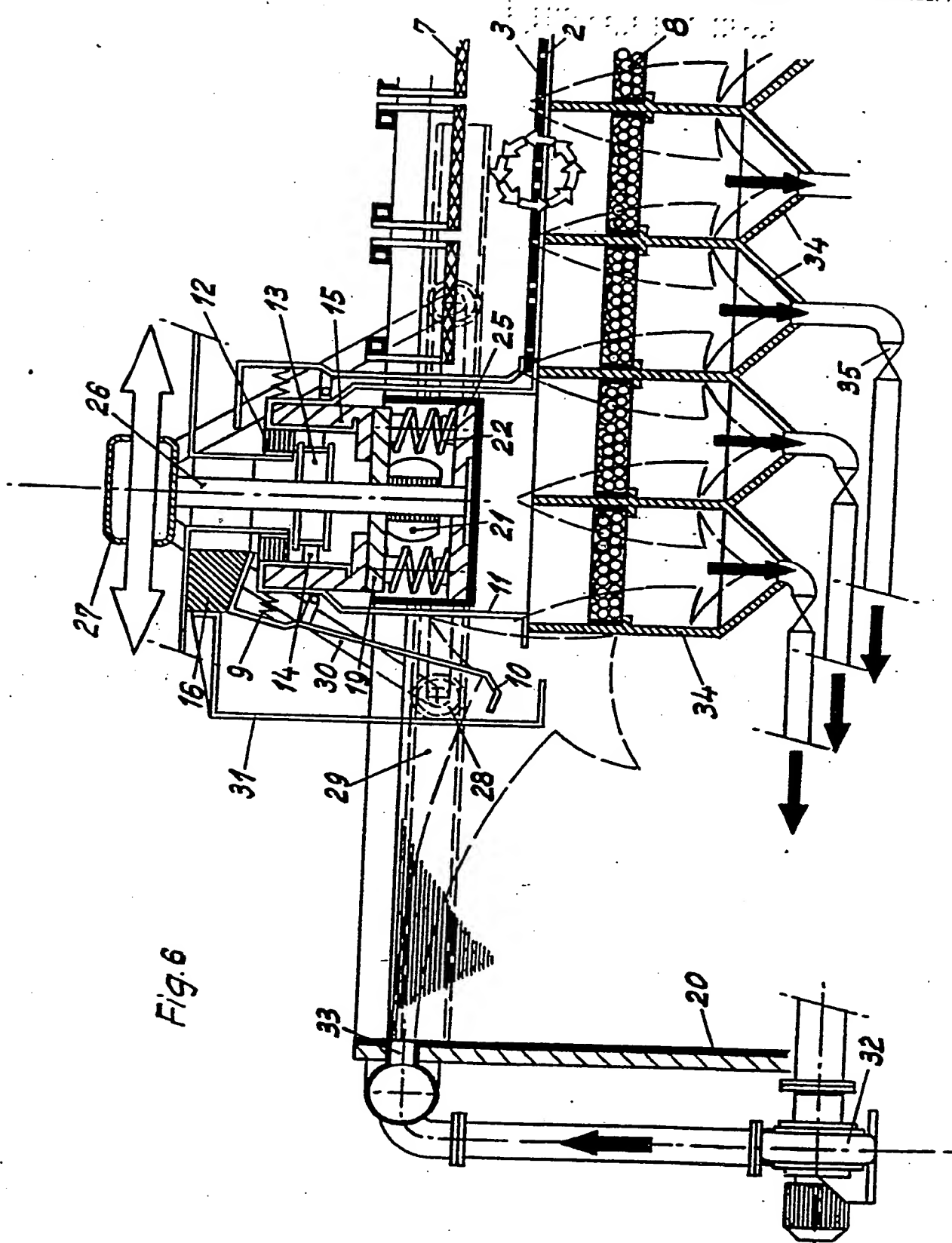


Fig. 6

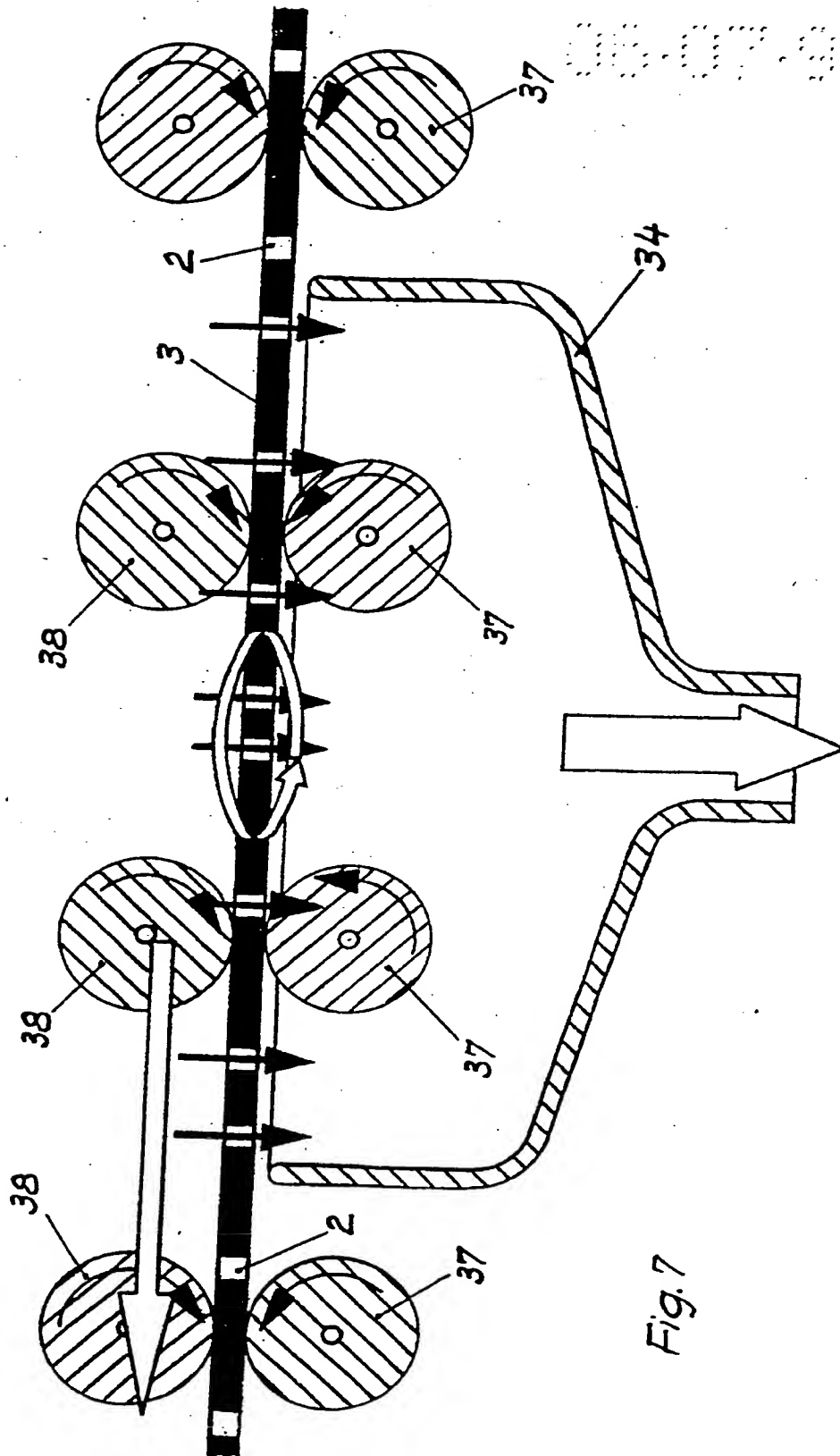


Fig. 7

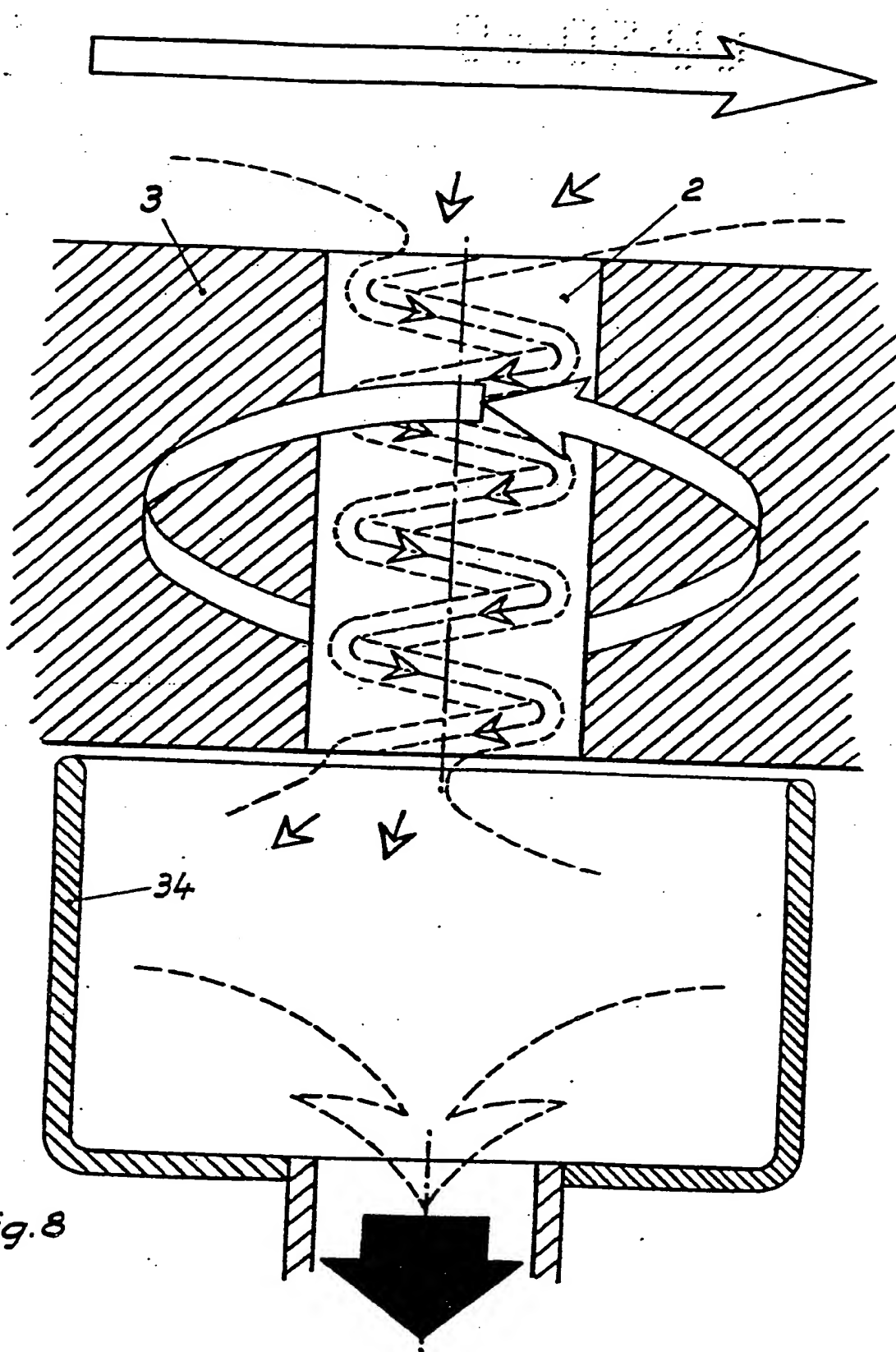
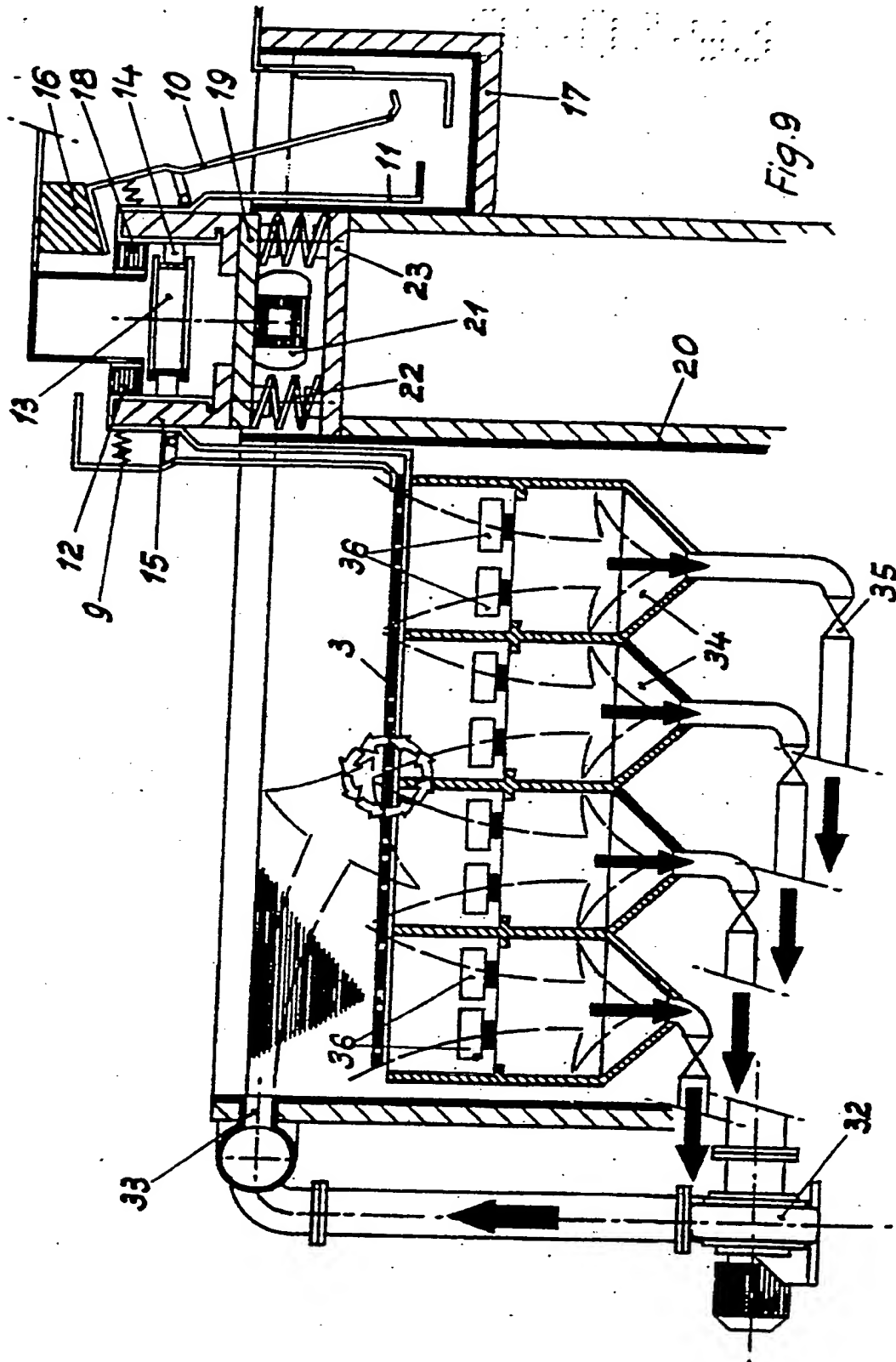


Fig. 8



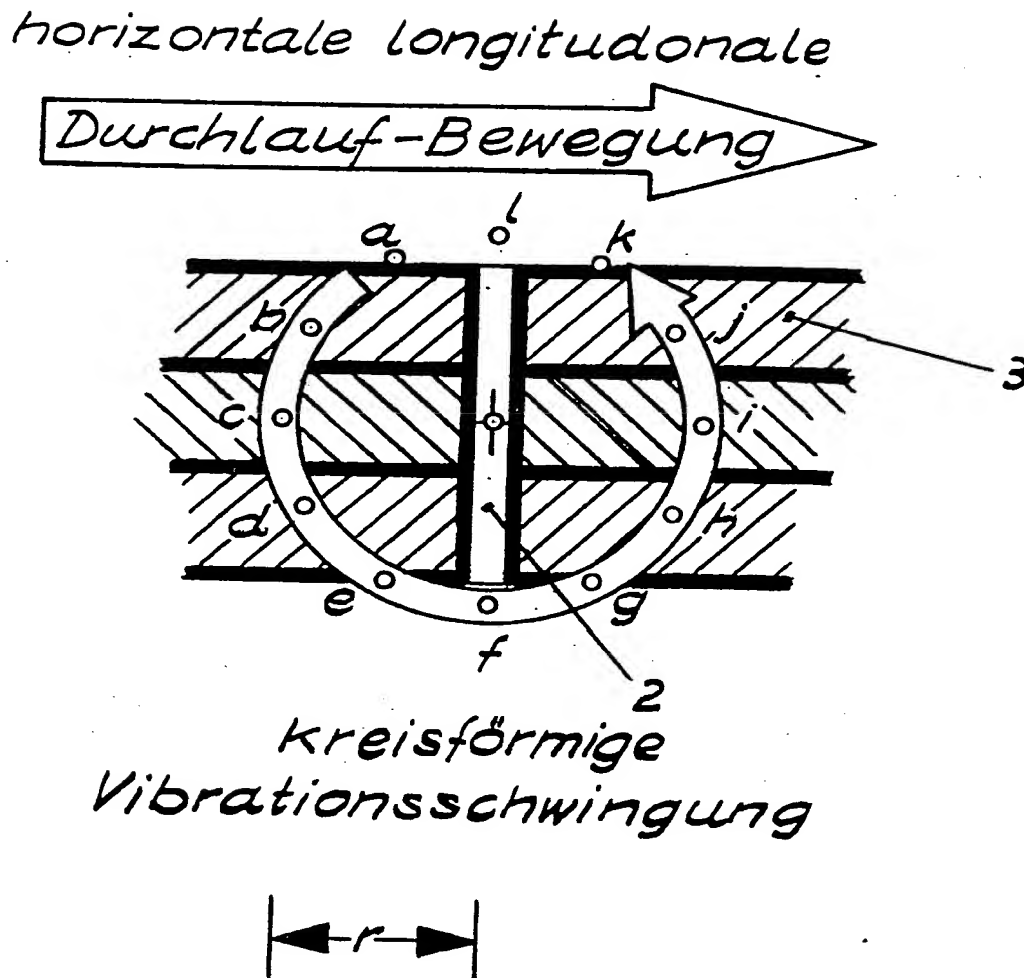
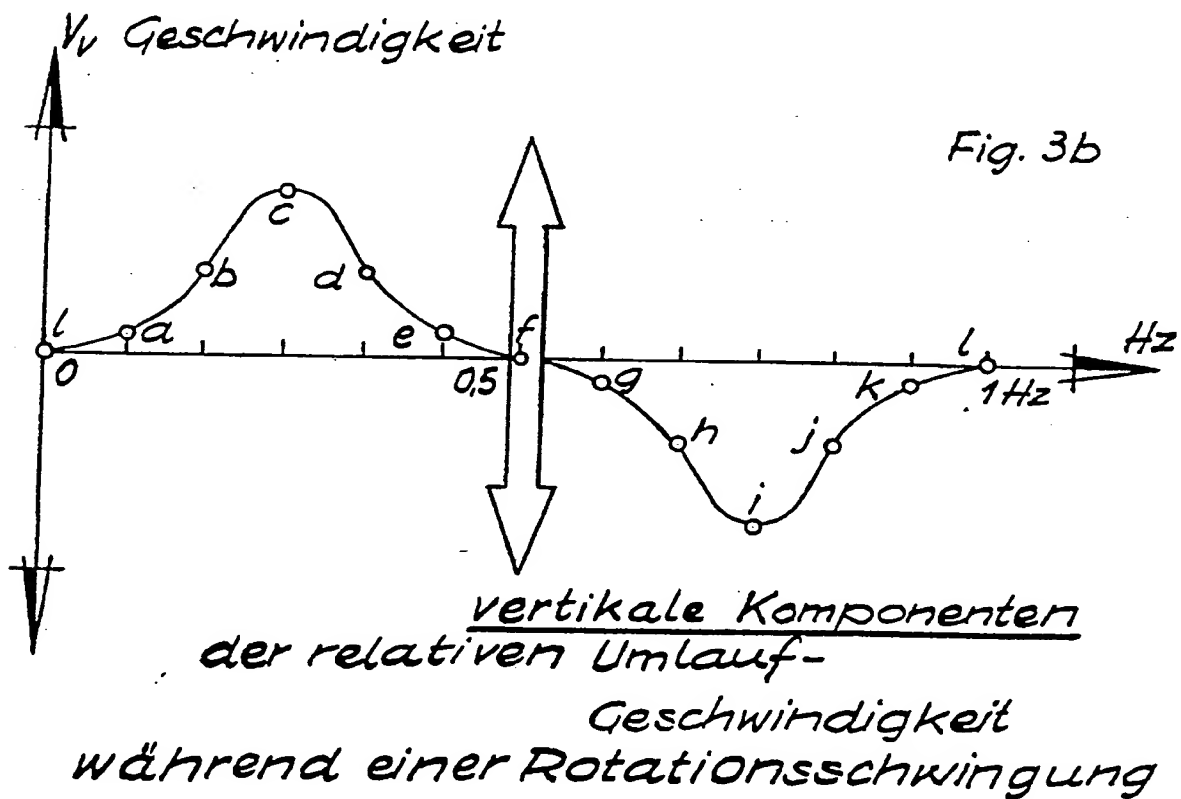
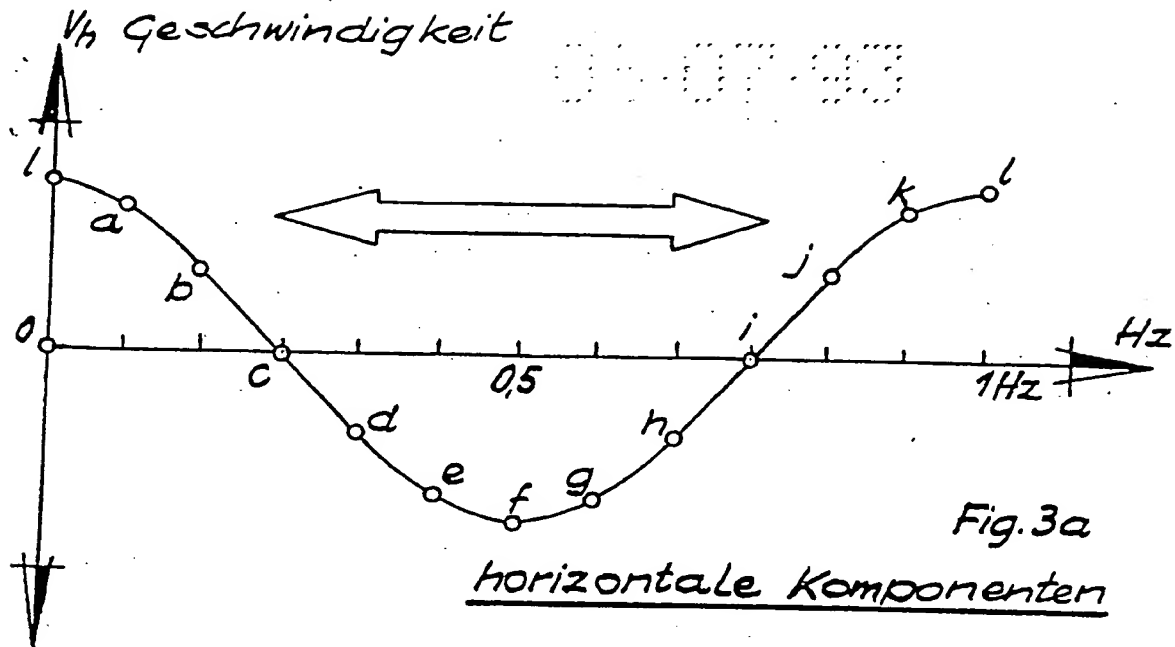


Fig. 2



- Leerseite -

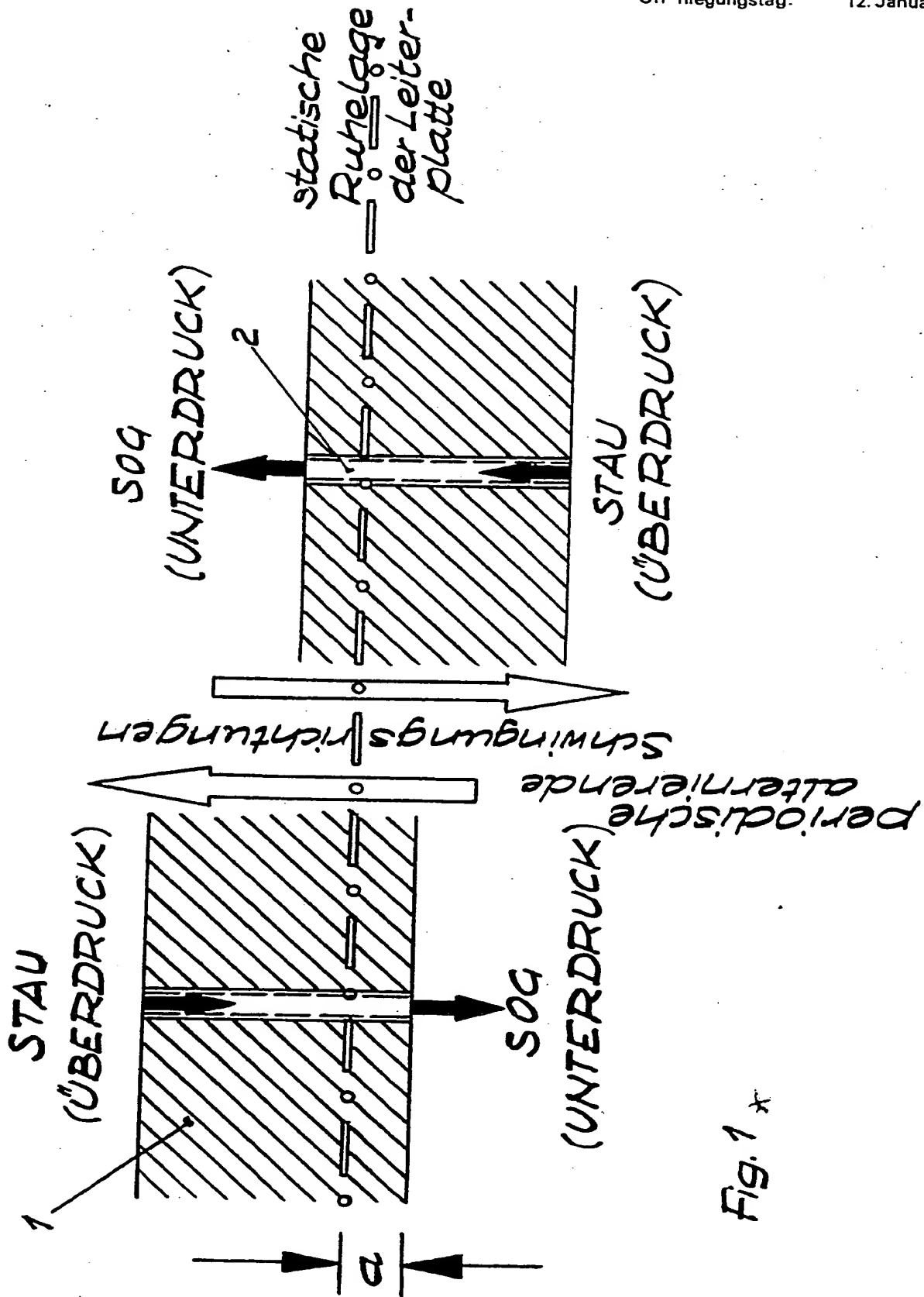


Fig. 1 *